

HOHLWELLE MIT MINDESTENS EINEM WUCHTGEWICHT SOWIE  
VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Fixierung mindestens eines Wuchtgewichts an wenigstens einer Stelle eine Hohlwelle sowie eine entsprechende Hohlwelle.

10

Üblicherweise weisen rotationssymmetrische, rotierende Hohlkörper bzw. Hohlwellen der hier angesprochenen Art, insbesondere Hohlwellen oder Gehäuse von hydrodynamischen Drehmomentwandlern wie z.B. auch Antriebswellen im Automobilbau, fertigungsbedingt eine gewisse Unwucht auf, die durch örtlich  
15 gezieltes Befestigen einer gewichtsmäßig ausgewuchteten Wuchtmasse, meist in Form eines metallischen Blechstreifens, kompensiert werden muss.

Üblicherweise werden solche Wuchtmassen zumindest in der Serienproduktion widerstandselektrisch angeschweißt, weil diese Schweißungen rasch, mit  
20 geringem sowie kleinem apparativen Aufwand und prozesssicher durchführbar sind. Allerdings erfordert diese Schweißart eine hohe Gestaltfestigkeit der Welle an der Befestigungsstelle der Wuchtmasse, damit die Schweißelektrode die Wuchtmasse mit der erforderlichlich hohen Kraft an die Hohlwelle anpressen kann, ohne die zylindrische Wand der Hohlwelle selbst einzudrücken.

25

Des weiteren entstehen durch Schmelzschweißverfahren wie beispielsweise dem Widerstandsschweißen, dem Laserschweißen oder WIG-Schweißen so genannte „metallurgische Kerben“. Mit „metallurgischer Kerbe“ ist eine örtlich relativ  
30 scharf abgegrenzten Aufhärtung des Grundmaterials gemeint, welche sich infolge des Überschreitens der Liquiduslinie mit nachfolgender Selbstabschreckung während des Schweißvorgangs ausbildet. Diese lokale

BEST AVAILABLE COPY

Aufhärtung ist später im Einsatz derartiger Hohlwellen häufig die Ursache für ein Bauteilversagen, weil sie den dynamischen Belastungen nicht standhalten kann.

Die thermische Beeinflussung der Hohlwelle durch die Schweißverfahren führt demnach zu einer lokalen Schwächung der Bauteilfestigkeit, die eine der häufigsten Ursachen für das Versagen im Lebensdauertest der ausgewuchteten Komponenten darstellt. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass nach Möglichkeit nur wenige solcher Wuchtmassen an der Hohlwelle fixiert werden sollen, um den technischen Aufwand für einen solchen Auswuchtvorgang möglichst gering zu halten.

Aufgrund von neuen Ausgestaltungen der Hohlwellen als Leichtmetallwellen (beispielsweise umfassend Aluminium, Magnesium, etc.) kommt außerdem die Anforderung auf, ungleiche Materialien fügen zu müssen. Dieses ist mit den oben aufgeführten marktüblichen Schweißverfahren nur äußerst bedingt möglich. Als Grund hierfür ist im Zusammenhang mit Hohlwellen umfassend eine Aluminium-Legierung beispielsweise die sich bildende Oxidschicht zu nennen.

Des weiteren sind (bei Kunststoff-Hohlwellen) Bestrebungen bekannt, die Wuchtmasse durch Kleben zu fügen. Bislang war es jedoch noch nicht möglich, dieses Verfahren gerade für den Serienbetrieb prozesssicher so auszulegen, dass eine dauerhafte Fixierung der Wuchtmasse der Hohlwelle sichergestellt werden konnte. Insbesondere besteht stets die Gefahr, dass der eingesetzte Klebstoff gerade bei hohen Einsatztemperaturen und/oder hohen Rotationsgeschwindigkeiten der Hohlwelle die Wuchtmassen nicht dauerhaft fixiert. Darüber hinaus sind die erforderlichen Abbindzeiten in der Regel relativ lang und entsprechen nicht den Anforderungen einer Serienfertigung.

Hiervon ausgehend ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur Fixierung mindestens eines Wuchtgewichtes an wenigstens einer Stelle einer Hohlwelle anzugeben. Dabei sind die mit Bezug auf den Stand der

Technik benannten technischen Probleme zu vermeiden bzw. wenigstens teilweise zu reduzieren. Des weiteren soll eine Hohlwelle angegeben werden, die insbesondere für den Einsatz in einem Antriebssystem eines Fahrzeugs eingesetzt werden kann.

5

Diese Aufgaben werden gelöst mit einem Verfahren zur Fixierung mindestens eines Wuchtgewichtes an wenigstens einer Stelle einer Hohlwelle mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie einer Hohlwelle mit den Merkmalen des Patentanspruchs 11. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sowie der  
10 Hohlwellen sind in den jeweils abhängigen Patentansprüchen beschrieben. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die einzeln in den Patentansprüchen aufgeführten technischen Merkmale in beliebiger, technologisch sinnvoller Weise miteinander kombiniert werden können und zu weiteren Ausführungsformen der Erfindung führen.

15

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Fixierung mindestens eines Wuchtgewichtes an wenigstens einer Stelle einer Hohlwelle ist dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Wuchtgewicht mittels Löten an der wenigstens einen Stelle befestigt wird. Unter „Löten“ ist ein Fügeverfahren zu  
20 verstehen, das insbesondere das Vereinigen von metallischen Werkstoffen durch schmelzende Zulegestoffe (Lote) umfasst, wobei der Schmelzpunkt dieser Lote unter dem der beiden Fügeteilwerkstoffe (hier Hohlwelle und Wuchtgewicht) liegt. Dieses Verfahren ist vorteilhaft, weil es sich auch in eine Serienfertigung einfach integrieren lässt und sich die gewünschten Verbindungen ohne  
25 wesentliche Beeinflussung der Eigenschaften des Wuchtgewichts und/oder der Hohlwelle generieren lassen. Insbesondere werden aufgrund der relativ niedrigen Arbeitstemperaturen Gefügeschädigungen oder Anlassungen vermieden.

Grundsätzlich wird bei dem Fügeverfahren Löten zwischen Weichlöten und  
30 Hartlöten unterschieden. Beim Weichlöten schmilzt das Lot z.B. unterhalb von 450°C, beim Hartlöten in einem Bereich von ca. 450°C bis 800°C. Der Einsatz

dieser Fügeverfahren führt somit auch dazu, dass die Hohlwelle nicht oder nur sehr geringfügig deformiert wird. Zudem entsteht keine metallurgische Kerben (örtlich relativ scharf abgegrenzte Aufhärtung).

- 5 Infolge des erfindungsgemäßen Einsatz des Lötverfahrens zum Fügen der Wuchtgewichte an die Hohlwelle sind gegenüber den bekannten Schweißverfahren insbesondere folgende Unterschiede festzustellen:
- Es erfolgt beim Löten nur eine kurzzeitige Vernetzung der Oberfläche bei ca. 300°C, während das Schweißen eine Oberflächenverschmelzung oberhalb der  
10 Schmelztemperatur der einzelnen Komponenten benötigt, bei Stahl ca. 1600°C (beispielsweise bis zu einer Tiefe von 0,2 mm bis über die gesamte Wandstärke) zur Folge hat. Die geringere Wärmebeeinflussung der Hohlwelle durch das Löten führt zur Vermeidung von lokalen Aufhärtungen im Gefüge der Hohlwelle sowie der Gefahr der Rissbildung durch Schrumpfspannungen.
  - 15 - Während dem Lötvorgang sind nur sehr geringe Positionierungskräfte erforderlich. Beim Schweißen müssen relative hohe Presskräfte aufgewendet werden, welche zu einer mechanischen Kerbe führen können.
  - Das Löten ermöglicht ein oxidationsfreies Fügen von unterschiedlichen Materialien.
  - 20 - Eine Lötverbindung kann ohne die Zerstörung der Hohlwelle wieder rückgängig gemacht werden. Damit wird erstmals eine (wieder)lösbare Fixierung der Wuchtgewichte geschaffen. Dies hat beispielsweise bei der Recyclingfähigkeit derartiger Hohlwellen einen entscheidenden Vorteil zur Folge. Außerdem lassen sich so kostengünstig Wucht- und/oder  
25 Montagefehler korrigieren.

Üblicherweise ist nicht beliebig, an welcher Stelle das wenigstens eine Wuchtgewicht an der Hohlwelle fixiert wird. Die Identifizierung der mindestens einen Stelle kann mit herkömmlichen Verfahren bestimmt werden, die dem  
30 Fachmann bekannt sind. Insofern kann hier auf eine detailliertere Beschreibung dieses Verfahrensschrittes verzichtet werden. Je nach Art der Hohlwelle bzw.

dessen Aufbau ist es erforderlich, mehrere Wuchtgewichte auf der Oberfläche einer solchen Hohlwelle zu fixieren. So sind zum Beispiel bei einem so genannten einteiligen Aufbau 2 Wuchtebenen vorgesehen, in denen Wuchtgewichte angebracht werden. Bei einem zweiteiligen Aufbau (mit einem Zwischenlager) sind 3 Wuchtebenen und bei einem dreiteiligen Aufbau (mit zwei Zwischenlagern) sind 4 Wuchtebenen vorgesehen. Die Fixierung einer Mehrzahl von Wuchtgewichten kann einzeln oder auch zumindest teilweise gleichzeitig erfolgen. In der Regel findet die Fixierung auf verschiedenen Wuchtebenen zeitlich versetzt statt, da jedes einzelne Wuchtgewicht in der Wuchtebene mit einem jeweils ermittelten Gradienten 0-360° platziert werden muss.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird das mindestens eine Wuchtgewicht mittels Weichlöten befestigt. Durch Einsatz des Fügeverfahrens Weichlöten wird die Beanspruchung der Hohlwelle bzw. des Wuchtgewichts infolge des Temperatureinflusses während des Befestigungsvorgangs weiter reduziert. Gleichzeitig werden kürzere Erwärmungszeiten benötigt, so dass hier sehr zeit- und folglich auch kostensparend eine Fixierung der Wuchtbleche an der Hohlwelle ermöglicht ist.

In diesem Zusammenhang ist es besonders vorteilhaft, dass die Hohlwelle an der wenigstens einen Stelle während des Lötens eine kurzfristige Maximaltemperatur von 450°C nicht überschreitet. Bevorzugt liegt die Maximaltemperatur sogar noch tiefer, beispielsweise in einem Bereich von 250°C bis 330°C.

Weiter wird vorgeschlagen, dass hierfür ein Lotmaterial ohne Flussmittel eingesetzt wird. Für einen solchen Lötprozess ohne Flussmittel können bevorzugt Aktivlote eingesetzt werden. Für das Weichlöten werden bevorzugt Lote auf Zinn- oder Zinkbasis eingesetzt. So können beispielsweise folgende Weichlote zum Einsatz gelangen:

- Ein erstes Weichlot basiert auf Zinn (Sn) und umfasst zumindest noch die Bestandteile Silber (Ag) und Titan (Ti), wobei dies bevorzugt bei einer Löttemperatur im Bereich von 240° C bis 260°C eingesetzt wird.
- Ein zweites Weichlot hat auf einer Zink-Basis (Zn) und zumindest noch die Bestandteile Silber (Ag) und Aluminium (Al), wobei dies bevorzugt bei einer Löttemperatur im Bereich von 420° C bis 450°C eingesetzt wird.

Die zweckmäßig ausgewählten Lote können zum Beispiel als Pulver oder Folie aufgetragen werden. Die bevorzugte Lösung ist der Einsatz einer Lotfolie (z.B. mit einer Dicke von ca. 0,2 mm), die in vorteilhafter Weise in der Serienfertigung von einer Spule mit entsprechender Breite bereitgestellt wird. Vorstellbar ist auch die Verarbeitung einer Lot-Flüssigkeit und/oder von Lot-Kugeln, -Draht oder -Granulat.

Flussmittel, die die Funktion haben, die metallische Oberfläche von ihrer Oxidschicht zu befreien, weisen vielfach chemische Substanzen auf, die einen schädlichen Einfluss auf die Gesundheit und/oder die Umwelt haben. Insofern ist es gerade im Rahmen einer Serienfertigung besonders vorteilhaft, das Fixieren von Wuchtgewichten mittels Lot aber ohne Flussmittel durchzuführen. Als weitere Vorteile ist insbesondere anzuführen, dass infolge des Einsatzes eines flussmittelfreien Lotes keine Korrosion durch Flussmittelmrückstände mehr auftreten kann, die Bauteile von Flussmittelmrückständen nicht gereinigt werden müssen und das Lot insbesondere schwermettallfrei und ggf. recyclingfähig ist.

Um dennoch eine hochwertige Lötverbindung zwischen Wuchtblech und Hohlwelle sicherzustellen, kann es beispielsweise vorteilhaft sein, die Stelle der Hohlwelle, an der das Wuchtblech fixiert werden soll, in einem vorgelagerten Fertigungsschritt von der Oxidschicht zu befreien. So kann zum Aufbrechen einer auf der zu lötenden Oberfläche der Hohlwelle gebildeten Oxidschicht vor dem flussmittelfreien Löten eine Relativbewegung zwischen dem Lot und der Hohlwelle verwirklicht werden. Hierzu kann beispielsweise das Lot, ein vorbelotetes Wuchtgewicht und/oder die Hohlwelle zu einer Schwingung angeregt

werden. Weiter ist es auch möglich, die Oxidschicht durch weitere Mittel mechanisch zu entfernen bzw. zu reduzieren. Dabei können beispielsweise Schleifgeräte, insbesondere Bandschleifgeräte, eingesetzt werden. Damit wird zumindest der Bereich der gewünschten Lötposition die Oxidschicht abrasiv abgetragen.

Weiter ist es auch möglich, dass in besonderen Anwendungsfällen bzw. wegen besonderen Materialien der Hohlwelle der Lötvorgang unter Schutzgas zur Vermeidung einer neuen Oxidbildung, stattfindet. Da diese Verfahrensvariante kostenintensiv und mit einem erheblichen technischen Aufwand verbunden ist, sollte (insbesondere im Rahmen einer Serienfertigung) nach Möglichkeit hierauf verzichtet werden.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens dauert der Lötvorgang an der wenigstens einen Stelle nicht länger als 3 Sekunden, insbesondere weniger als 1,5 Sekunden oder sogar weniger als 1 Sekunde. Bevorzugt dauert der Lötvorgang insgesamt für alle Wuchtgewichte, nicht länger als 20 Sekunden oder sogar nur 15 Sekunden. Damit ist eine so genannte „inline-Produktion“ möglich ist, das Bauteil muss also nicht aus dem Fertigungsfluss bzw. Auswuchtprozess herausgenommen werden.

Nun wird auch vorgeschlagen, dass während des Lötens eine Fügekraft auf das mindestens eine Wuchtblech hin zur Hohlwelle ausgeübt wird, die kleiner als 2000 N [Newton] ist und bevorzugt in einem Bereich von 50 N bis 150 N liegt. Eine solche Begrenzung der Fügekraft stellt einerseits sicher, dass ein inniger Kontakt von Hohlwelle und Lot bzw. Lot und Wuchtblech gegeben ist, so dass dauerhafte Fügeverbindungen generiert werden. Gleichzeitig wird jedoch auch sichergestellt, dass das Wuchtblech und/oder die Hohlwelle nicht deformiert wird. Dies gilt in besonderem Maße für besonders dünnwandige Hohlwellen, beispielsweise mit einer Wanddicke kleiner 2,0 mm.

Besonders vorteilhaft ist es auch, dass das mindestens eine Wuchtgewicht zumindest mit Lotmaterial versehen wird und nachfolgend die Fixierung an der Hohlwelle stattfindet. Dies hat beispielsweise den Vorteil, dass das Lot in einfacher Weise an der Hohlwelle positioniert werden kann, nämlich direkt mit dem Wuchtgewicht. Eine gleichzeitige Ausrichtung des Lotmaterials mit Bezug auf die Hohlwelle und das Wuchtgewicht kann somit vermieden werden. Dies führt zu einer weiter verkürzten Zeitspanne, die für das Fixieren des Wuchtgewichts an der Hohlwelle benötigt wird.

Das Vorbeloten bzw. Vorfixieren des Lotes an das Wuchtgewicht kann beispielsweise mittels einer Lot-Folie durch Löten, Formschluss oder Kraftschluss vorgenommen werden. Handelt es sich um eine Lot-Flüssigkeit, so kann diese beispielsweise bei einer Temperatur von etwa 250° auf das vorgewärmte Wuchtgewicht aufgetragen, insbesondere aufgesprüht, werden.

Bei der Ausbildung der Lotverbindung werden generell möglichst punktuelle Belotungen angestrebt, da diese später während des Einsatzes der Hohlwelle die kleinsten Scherspannungen zur Folge haben. Nichtsdestotrotz kann auch eine Ganzflächenbelotung unter Umständen vorteilhaft sein, beispielsweise zur Vermeidung von Spaltkorrosion.

Außerdem eröffnet dies die Möglichkeit, das Wuchtgewicht selbst bezüglich der Masse zu variieren. Hierzu wird vorgeschlagen, dass eine Mehrzahl von Wuchtgewichten an der Hohlwelle fixiert wird und zumindest teilweise unterschiedliche Mengen von Lotmaterial an dem Wuchtgewichten vorgesehen werden. Das bedeutet, dass das Lotmaterial in diesem Fall nicht nur die Funktion des Fügmittels zwischen Hohlwelle und Wuchtgewicht darstellt, sondern auch selbst teilweise die Funktion einer Wuchtmasse übernimmt. Dies ermöglicht, dass die Wuchtgewichte in bestimmten Toleranzfeldern einheitlich hergestellt werden können, wobei die letztendlich exakt bereitzustellende Wuchtmasse durch die Summe des Gewichts des Wuchtgewichts und des Lotmaterials während des



Fügeprozesses eingestellt wird. Dies reduziert den Teilaufwand bezüglich der im Rahmen einer Serienfertigung benötigten Wuchtgewichte. Es ist jedoch insbesondere im Hinblick auf die Kosten zu beachten, dass das Lotmaterial bevorzugt vorrangig in Abhängigkeit der Ausgestaltung des Wuchtgewichts ausgewählt wird. Dabei werden die Mengen des Lotmaterials so bestimmt, dass die fügetechnische Verbindung aller Wuchtgewichte annähernd gleich große Scherkräfte bzw. Fliehkräfte aufnehmen können.

Nach einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird zum Löten mindestens eine der nachstehenden Wärmequellen eingesetzt: Induktor, Konvektor. Mit Induktor sind dabei Wärmequellen gemeint, die nach dem Prinzip der Joule'schen Widerstandserwärmung eine Selbsterwärmung der Bauteile bewirken. Konvektoren umfassen Heizflächen, die auf andere, nicht elektrische, Weise erwärmt werden und Wärme abgeben. Bevorzugt wird für jede Stelle der Hohlwelle, an der ein Wuchtgewicht fixiert werden soll, eine separate Wärmequelle vorgesehen, um den Fügeprozess sehr schnell durchführen zu können. Bei bestimmten Anwendungen kann es jedoch auch vorteilhaft sein, dass eine einzelne Wärmequelle zumindest eine Mehrzahl der Stellen erwärmt. Grundsätzlich sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass es möglich ist, dass die Wärmequelle nur über eine der Teilkomponenten (Wuchtgewichte, Hohlwelle) eingeleitet wird. Als Wärmequellen für den Lötprozess kann insbesondere mindestens eines der folgenden Mittel eingesetzt werden: Lichtbogen (Plasma, WIG, ...); Elektrischer Widerstand; Lötkolben; Reiben (hochfrequentes Reiben (Ultrasonic), Stirnreiben); Induktion; Laser Strahl (Diode, Nd-YAG, ...); Gasflamme; Heißluft; Infrarotlicht.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird zumindest das Auswuchten der Hohlwelle und das Löten des mindestens einen Wuchtgewichtes in einer Maschine ausgeführt. Bevorzugt findet auch noch eine Oberflächenbehandlung (z.B. zur Entfernung einer Oxidschicht an der Hohlwelle) in dieser Maschine statt. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn während des

Abbremsens der zum Auswuchten in eine Rotation versetzten Hohlwelle ein Schleifband oder etwas ähnliches im Bereich der Wuchtebene die Oberfläche zumindest teilweise kontaktiert. Im Anschluss daran kann die erforderliche Lotmenge bzw. das entsprechende Wuchtgewicht ausgewählt, gegenüber der Hohlwelle positioniert und anschließend mit dieser verlötet werden. Für den Vorgang des Aufbringens der Wuchtgewichte nach dem Stillstand der Wuchtmaschine werden beispielsweise weniger als 15 Sekunden benötigt. Anschließend kann die Hohlwelle noch einmal in Rotation versetzt werden, um die Wirkungsweise der Wuchtgewichte zu überprüfen.

10

Außerdem wird erfindungsgemäß eine nach dem vorstehend genannten Verfahren hergestellte Hohlwelle vorgeschlagen, die zumindest einen der folgenden Parameter aufweist:

- Durchmesser im Bereich von 40 mm bis 100 mm;
- 15 - Wanddicke im Bereich von 1,0 bis 3,0 mm;
- Länge im Bereich von 300 bis 2000 mm.

Bei der hier vorgeschlagenen Herstellungsart können die Wanddicken unter Umständen aufgrund der geringeren thermischen Beeinflussung auf 1,0 mm bis 2,0 mm reduziert werden, wobei das Leistungsvermögen der Hohlwelle gleich bleibt.

20

Die hier angegebenen Hohlwellen dienen beispielsweise der Drehmomentübertragung und werden demnach beispielsweise mit Drehzahlen bis zu  $8000 \frac{1}{\text{min}}$  oder sogar  $12000 \frac{1}{\text{min}}$  [Umdrehungen pro Minute] während ihres Einsatz betrieben. Dabei werden Drehmomente im Bereich bis 5000 (statisch) Nm [Newtonmeter] übertragen. Solche Hohlwellen werden insbesondere eingesetzt als Längswellen von Heck-angetriebenen Fahrzeugen (wie z.B. Limousine, Kleintransporter, Van). Darüber hinaus finden solche Hohlwellen beispielsweise in Windkraftanlagen, Werkzeugmaschinen oder anderen Antriebsträngen eine Anwendung. Üblicherweise laufen derartig hergestellte Hohlwellen im Einsatz

30

mindestens mit einer Drehzahl von  $3000 \frac{1}{\text{min}}$ . Bei diesen hochbelasteten,

dünnwandigen Hohlwellen ist es in besonderem Maße wichtig, dass eine dauerhaft Fixierung der Wuchtgewichte sichergestellt ist, da ein Ablösen während des Einsatzes dazu führt, dass die Wuchtgewichte mit sehr hoher Geschwindigkeit in die Umgebung abgegeben werden, wobei umstehende Bauteile bzw. Personen  
5 getroffen werden könnten. Dies wird durch die oben genannte Fertigungsweise der Lötverbindung vermieden.

Gemäß einer Ausgestaltung der Hohlwelle umfasst diese einen Stahlwerkstoff, der eine gemittelte Zugfestigkeit im Bereich bis  $1000 \text{ N/mm}^2$  hat. Für den Fall, dass  
10 die Hohlwelle einen Leichtmetallwerkstoff umfasst, weist diese z.B. im Fall einer Aluminium-Hohlwelle bevorzugt eine gemittelte Zugfestigkeit im Bereich von  $290$  bis  $700 \text{ N/mm}^2$  und z.B. im Fall einer Titan-Hohlwelle bevorzugt bis  $1700 \text{ N/mm}^2$  auf. Die hier angegebenen gemittelten Zugfestigkeiten bzw. Härten der unterschiedlichen Ausgestaltungen der Hohlwellen erlauben eine  
15 Drehmomentübertragung, insbesondere im oben genannten Bereich, über einen besonders langen Einsatzzeitraum. Gleichzeitig sind die Hohlwellen so konzipiert, dass sie hohen dynamischen Lastwechseln standhalten. Die langgestreckten, dünnwandigen Bauteile genügen demnach hohen Anforderungen, insbesondere weil beim Fixieren der Wuchtgewichte, die für einen schwingungsarmen  
20 Rotationsbetrieb sorgen, keine Schwächung von Teilbereichen der Hohlwelle stattfindet.

Weiterhin wird auch vorgeschlagen, dass das mindestens eine Wuchtgewicht mindestens eine Dichte von  $7,0 \text{ g/cm}^3$  [Gramm pro Kubikzentimeter] hat.  
25 Bevorzugt werden als Wuchtgewichte Wuchtbleche aus Stahl oder Kupfer eingesetzt. Die relativ hohe Dichte hat den Vorteil, dass nur wenige bzw. relativ klein ausgeführte Wuchtgewichte an der Hohlwelle fixiert werden müssen. Solche kleinen Wuchtgewichte sind zudem formstabiler und können eher punktuell gefügt werden. Dadurch werden sowohl Materialkosten als auch Fügezeiten  
30 eingespart. Insbesondere wird zumindest eines der folgenden Materialien für das

Wuchtgewicht bevorzugt: Eisen ( $7,3 \text{ g/cm}^3$ ), Kupfer ( $8,9 \text{ g/cm}^3$ ), Zink ( $7,1 \text{ g/cm}^3$ ) oder Wolfram ( $19,25 \text{ g/cm}^3$ ).

5 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Hohlwelle hat das mindestens eine Wuchtgewicht eine Höhe, die 3 mm [Millimeter] nicht überschreitet. Bevorzugt weisen alle Wuchtgewichte die gleiche Höhe auf. Dieses kombiniert mit einer entsprechend angepassten Lotfläche hat zur Folge, dass auf das Lotmaterial in etwa die gleichen Schwerkkräfte auftreten und somit für alle Wuchtgewichte ein ähnlicher Sicherheitsstandard gewährleistet werden kann.

10 Insbesondere mit der hier beschriebenen Erfindung, grundsätzlich aber auch unabhängig davon, wird eine Hohlwelle umfassend ein metallisches Material und mindestens ein Wuchtgewicht vorgeschlagen, wobei bezüglich der Hohlwelle und dem mindestens einen Wuchtgewicht eine zerstörungsfrei wiederlösbare  
15 fügetechnische Verbindung vorgesehen ist. Diese Verbindung ist insbesondere eine Lötverbindung. Die zerstörungsfrei wieder lösbare fügetechnische Verbindung lässt sich bevorzugt infolge einer Temperatureinwirkung wieder lösen, insbesondere in einem Temperaturbereich von  $200^\circ\text{C}$  bis  $400^\circ\text{C}$ . „Zerstörungsfrei“ heißt in diesem Zusammenhang insbesondere, dass keine (für  
20 die Anforderungen der Hohlwelle) beachtliche mechanische Einwirkung an die Oberfläche der Hohlwelle festzustellen ist, bevorzugt liegt auch keine wesentliche Veränderung des Materialgefüges der Hohlwelle vor. Damit wird eine Reparatur- und Recyclingmöglichkeit bezüglich solcher Hohlwellen bereitgestellt.

25 Außerdem wird auch vorgeschlagen, dass die Lötverbindung der Hohlwelle und des mindestens einen Wuchtgewichts eine Löt-Zugfestigkeit im Bereich von 100 bis  $140 \text{ N/mm}^2$  [Newton pro Quadratmillimeter] aufweist. Dieser Wert lässt sich mit einem üblichen Zugversuch bestimmen, wobei dieser in der vom Fachmann bekannten Weise bei Raumtemperatur durchzuführen ist. Diese Löt-Zugfestigkeit  
30 gewährleistet den dauerhaften Einsatz bei hohen Rotationsgeschwindigkeiten und beispielsweise einer Drehmomentenübertragung im Bereich bis  $5000 \text{ N/m}$ .

Vorteilhafterweise wird mindestens eine solche Hohlwelle in einem Antriebssystem für ein Fahrzeug eingesetzt. Das Fahrzeug mit einem solchen Antriebssystem kann beispielsweise auch besonders extremen Fahrzyklen im Gelände ausgesetzt werden, ohne dass ein Ablösen der Wuchtgewichte von der Hohlwelle zu befürchten ist. Die geringere thermische Beanspruchung der Hohlwelle bei der Fixierung der Wuchtbleche führt letztendlich zu einer deutlich erhöhten Lebensdauer. Gleichzeitig wird eine Zeit und Kosten sparende Herstellungsmethode nun auch für die Fahrzeuge ermöglicht.

10

Die Erfindung sowie das technische Umfeld werden nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele zeigen, auf die die Erfindung jedoch nicht begrenzt ist.

15

Es zeigen:

Fig. 1 schematisch und perspektivisch ein Fahrzeug mit einem Antriebssystem umfassend eine Hohlwelle mit Wuchtgewichten, und

20

Fig. 2 ein Detail einer Hohlwelle mit Wuchtgewicht im Schnitt.

Fig. 1 zeigt schematisch und perspektivisch ein Fahrzeug 14, dessen Antriebssystem 13 eine Mehrzahl von Hohlwellen 3 aufweist. Diese dienen vor allem als Drehmomentenübertrager vom Motor hin zu den hinteren Rädern 5. An einer Hohlwelle 3 ist die Stelle 2 markiert, an der ein Wuchtgewicht 1 positioniert ist. Diese zentral angeordnete Hohlwelle 3 in der Mitte des Fahrzeuges 14 überträgt das Drehmoment auf die hintere Achse und wird in der Regel als „Längswelle“ oder auch „Propshaft“ bezeichnet. Solche Längswellen können einteilig oder mehrteilig aufgebaut sein. Die Abmaße hängen von den jeweiligen Platzbedingungen des jeweiligen Fahrzeugs ab. Diese Längswelle hat

30

üblicherweise eine Längen 10 im Bereich von 300 bis 2000 mm. Derzeit werden zwar nahezu ausschließlich die Längswellen ausgewuchtet. Die seitlichen Hohlwellen (so genannte „Sideshaft“) werden in der Regel mit einer separaten Dämpfung versehen, die eine ggf. auftretende Unwucht kompensieren. Gleichwohl kann, z.B. als Ersatz dieses Dämpfungssystems, auch ein Auswuchten vorgenommen werden. Diese Grundidee kann ggf. unabhängig von der hier beschriebenen Lötverbindung der Wuchtgewichte verwirklicht sein.

Fig. 2 zeigt schematisch und in einem Querschnitt durch die Hohlwelle 3 eine Lötverbindung 12. Die Hohlwelle 3 weist einen Durchmesser 8 im Bereich von 40 bis 100 mm auf, wobei eine Wanddicke 9 im Bereich von 1,5 bis 3 mm vorgesehen ist. Auf der Oberfläche der Hohlwelle 3 ist nun ein Wuchtgewicht 1 fixiert, das mittels einem Lotmaterial 4 an der Hohlwelle 3 befestigt wurde. Das Wuchtgewicht 1 besteht aus einem Stahlwerkstoff mit einer Höhe etwa 3 mm. Die Herstellung dieser Lötverbindung 12 erfolgt in der Art, dass das Wuchtgewicht 1 bezüglich der Hohlwelle 3 ausgerichtet und mit einer Fügekraft 6 auf die Oberfläche der Hohlwelle 3 gedrückt wird, mittels der Wärmequelle 7 die für das Aufschmelzen des Lotmaterials 4 erforderliche Wärme generiert wird. Die dabei generierte Temperatur liegt oberhalb des Schmelzbereichs des Lotmaterials 4, wobei unter dem Schmelzbereich der Temperaturbereich gemeint ist, bei dem eine fachgerechte Vernetzung des Lotes mit den Fügekomponenten erreicht wird. Die Fixierung des Wuchtgewichts 1 erfolgt mittels Weichlötens.

Die Erfindung erlaubt insbesondere im Rahmen einer Serienfertigung eine prozesssichere und schnelle Fixierung der Wuchtgewichte 1 an einer Hohlwelle 3. Gleichzeitig wird gewährleistet, dass das Wuchtgewicht 1 den entsprechenden Belastungen widersteht. Dabei wird das Material der Hohlwelle 3 während des Fügeprozesses nicht negativ beeinträchtigt, so dass sich besonders dünnwandige und damit auch leichte Hohlwellen 3 in Antriebssysteme 13 von Fahrzeugen 14 integrieren lassen.

## Bezugszeichenliste

	1	Wuchtgewicht
5	2	Stelle
	3	Hohlwelle
	4	Lotmaterial
	5	Rad
	6	Fügekraft
10	7	Wärmequelle
	8	Durchmesser
	9	Wanddicke
	10	Länge
	11	Höhe
15	12	Lötverbindung
	13	Antriebssystem
	14	Fahrzeug

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Fixierung mindestens eines Wuchtgewichtes (1) an wenigstens  
5 einer Stelle (2) einer Hohlwelle (3), dadurch gekennzeichnet, dass das  
mindestens eine Wuchtgewicht (1) mittels Lötens an der wenigstens einen  
Stelle (2) befestigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens  
10 eine Wuchtgewicht (1) mittels Weich-Lötens befestigt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlwelle (3)  
an der wenigstens einen Stelle (2) während des Lötens eine  
Maximaltemperatur von 450°C nicht überschreitet.
- 15 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch  
gekennzeichnet, dass Lotmaterial (4) ohne Flussmittel eingesetzt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch  
20 gekennzeichnet, dass der Lötvorgang an der wenigstens einen Stelle (2) nicht  
länger als 3 Sekunden dauert.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch  
gekennzeichnet, dass während des Lötens eine Fügkraft (6) auf das  
25 mindestens eine Wuchtgewicht (1) hin zur Hohlwelle (3) ausgeübt wird, die  
kleiner als 2000 Newton ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch  
30 gekennzeichnet, dass das mindestens eine Wuchtgewicht (1) zunächst mit  
Lotmaterial (4) versehen wird und nachfolgend die Fixierung an der  
Hohlwelle (3) stattfindet.



8. Verfahren nach einem Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mehrzahl von Wuchtgewichten (1) fixiert wird und zumindest teilweise unterschiedliche Mengen von Lotmaterial (4) an den Wuchtgewichten (1) vorgesehen werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum Löten mindestens eine der nachstehenden Wärmequellen (7) eingesetzt wird: Induktor, Konvektor.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest das Auswuchten der Hohlwelle (3) und das Löten des mindestens einen Wuchtgewichtes (1) in einer Maschine ausgeführt wird.
11. Hohlwelle (3) hergestellt nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie zumindest einen der folgenden Parameter aufweist:
- Durchmesser (8) im Bereich von 40 bis 100 mm;
  - Wanddicke (9) im Bereich von 1,0 bis 3,0 mm;
  - Länge (10) im Bereich von 300 bis 2000 mm.
12. Hohlwelle (3) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlwelle (3) einem Stahlwerkstoff umfasst und eine gemittelte Zugfestigkeit im Bereich bis 1000 N/mm<sup>2</sup> aufweist.
13. Hohlwelle (3) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Hohlwelle (3) einem Leichtmetallwerkstoff umfasst.

14. Hohlwelle (3) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet,  
dass das mindestens eine Wuchtgewicht (1) mindestens eine Dichte von  
7,0 g/cm<sup>3</sup> hat.
- 5 15. Hohlwelle (3) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet,  
dass das mindestens eine Wuchtgewicht (1) eine Höhe (11) hat, die 3,0 mm  
nicht überschreitet.
- 10 16. Hohlwelle (3) nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Lötverbindung (12) der Hohlwelle (3) und des mindestens einen  
Wuchtgewichts (1) eine Löt-Zugfestigkeit im Bereich von 100 bis 140 N/mm<sup>2</sup>  
aufweist.
- 15 17. Antriebssystem (13) für ein Fahrzeug (14) umfassend wenigstens eine  
Hohlwelle (3) nach einem der Ansprüche 11 bis 16.
18. Fahrzeug (14) umfassend ein Antriebssystem (13) nach Anspruch 17.

## Zusammenfassung

Verfahren zur Fixierung mindestens eines Wuchtgewichtes (1) an wenigstens  
5 einer Stelle (2) einer Hohlwelle (3), wobei das mindestens eine Wuchtgewicht (1)  
mittels Löten an der wenigstens einen Stelle (2) befestigt wird. Weiter werden  
auch entsprechend hergestellte Hohlwellen (3) sowie ein Antriebssystem (13) für  
ein Fahrzeug (14) beschrieben. Das Verfahren erlaubt die Herstellung besonders  
leichter, hoch belastbarer Antriebswellen für Kraftfahrzeuge.

10

Fig. 1

FIG.1

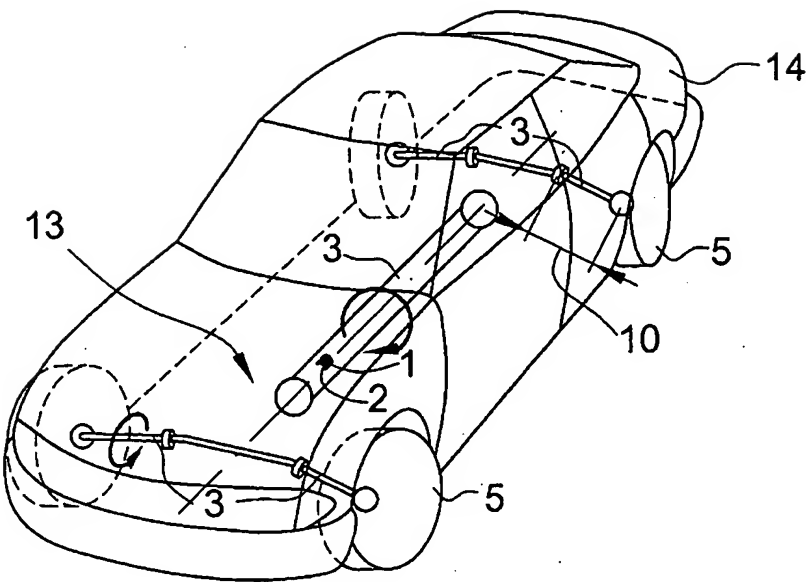
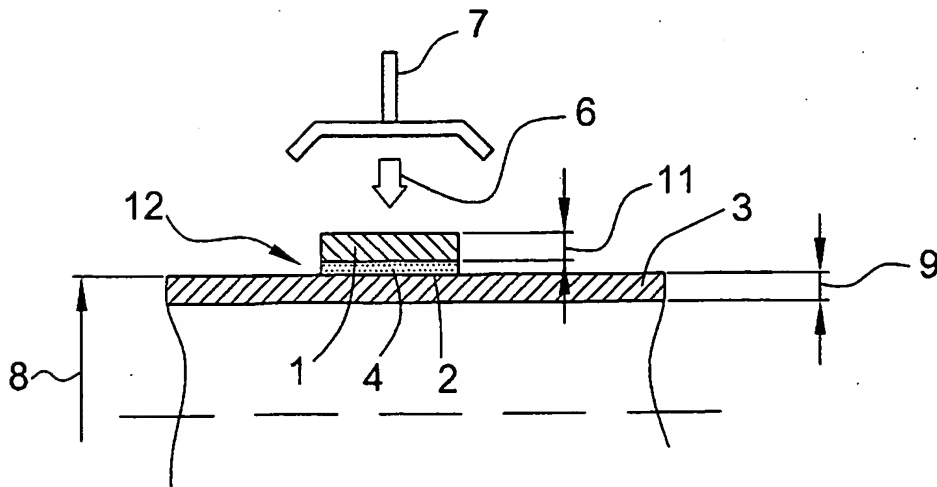


FIG.2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**